

## RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA ALFACE SOB ESTRESSE SALINO COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO E JASMÔNICO

Hozano de Souza Lemos Neto<sup>1</sup>, Marcela Ruscitti<sup>2</sup>, Sebastián Andrés Garita<sup>3</sup>, Valéria Bernardo<sup>3</sup>, Maria Cecilia Arango<sup>2</sup>, Marcelo de Almeida Guimarães<sup>4</sup>

**RESUMO:** O estresse salino causa alterações nas respostas fisiológicas das plantas. O ácido salicílico (AS) e o jasmônico (AJ) são dois compostos vegetais envolvidos com o metabolismo de defesa da planta a condições de estresse. Objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas da alface sob estresse salino com aplicação foliar de AS e AJ. As plantas foram distribuídas no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, sendo níveis de salinidade (1,65; 3,65 e 7,65 dS m<sup>-1</sup>) com aplicação foliar de AS (0 e 500 µM) e AJ (0 e 100 µM). Foram feitas avaliações fisiológicas de fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*g*s), transpiração (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C*i) e clorofila total. A fotossíntese líquida não sofreu alteração com o estresse salino, nem com a aplicação dos fitohormônios. A *g*s, *E* e *C*i reduziram com o estresse severo. O estresse salino no seu nível máximo reduziu as respostas fisiológicas da alface, enquanto que a aplicação foliar dos fitohormônios não surtiram efeito.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lactuca sativa* L., fotossíntese líquida, clorofila.

## PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF LETTUCE UNDER SALT STRESS WITH APPLICATION OF SALICYLIC AND JASMONIC ACID

**ABSTRACT:** Saline stress causes changes in the physiological responses of plants. Salicylic acid (SA) and jasmonic acid (JA) are two plant compounds involved with plant defense metabolism under stress conditions. The objective was to evaluate the physiological responses

<sup>1</sup> Doutor em Agronomia/Fitotecnia, Bolsista de Pós-Doutorado Júnior (PDJ/CNPq; Proc.154458/2018-0), UFERSA, CEP 59.625-900, Mossoró, RN. E-mail: hozanoneto@hotmail.com.

<sup>2</sup> Profa. doutora do Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE-UNLP-CONICET), La Plata, Buenos Aires.

<sup>3</sup> Investigadores do Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE-UNLP-CONICET), La Plata, Buenos Aires. <sup>4</sup> Prof. Doutor, Depto de Fitotecnia, UFC, Fortaleza, CE.

of lettuce under saline stress with foliar application of SA and JA. The plants were distributed in a completely randomized design, in a factorial scheme, with salinity levels (1.65, 3.65 and 7.65 dS m<sup>-1</sup>) with foliar application of SA (0 and 500 µM) and JA (0 and 100 µM). Physiological evaluations of liquid photosynthesis (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), internal concentration of CO<sub>2</sub> (Ci) and total chlorophyll were performed. Liquid photosynthesis did not change with saline stress, nor with the application of phytohormones. A gs, E and Ci reduced with severe stress. Saline stress at its maximum level reduced the physiological responses of lettuce, whereas the leaf application of phytohormones had no effect.

**KEYWORDS:** *Lactuca sativa* L., liquid photosynthesis, total chlorophyll.

## INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo (Sala & Costa, 2012). Essa hortaliça é moderadamente sensível aos efeitos da salinidade do solo, tendo redução de 13% para cada aumento unitário a partir da salinidade limiar de 1,3 dS m<sup>-1</sup>. (Maas; Poss; Hoffman, 1986). A salinidade limita o crescimento das plantas, por conta de seus efeitos osmóticos, onde a elevada concentração de sais na região radicular, reduz o potencial osmótico e conseqüentemente a absorção de água, além do componente iônico, onde íons como Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> e boro, quando em excesso, causam danos ao metabolismo da planta (Munns & Tester, 2008; Ashraf, 2009).

Os efeitos dos sais na planta são inúmeros, afetando a atividade fotossintética, condutância estomática, teor de clorofila; transporte de elétrons no cloroplasto; permeabilidade da membrana celular ao CO<sub>2</sub>; aumento da senescência; alteração na atividade enzimática, entre outros (Kafi & Rahimi, 2011; Aragão et al., 2012; Yan et al., 2012). Dessa forma, buscar associar técnicas de cultivo para produção de hortaliças em ambiente salino é importante. Nesse contexto, a aplicação do ácido salicílico e jasmônico tem sido referenciada como importantes técnicas de atenuar os efeitos da salinidade.

O ácido salicílico é um regulador de crescimento endógeno que atua na planta regulando processos fisiológicos e bioquímicos. Dentre esses processos, está a melhoria na tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos. A aplicação exógena de AS melhora o crescimento e a capacidade fotossintética das plantas de (*Vigna radiata* L.) em solução salina

(Khan et al., 2014). O vazamento de íons e o acúmulo de íons tóxicos também foi reduzido

com a aplicação do AS sob estresse (Hayat et al., 2010). Shakirova et al. (2003) descobriram que a AS induz a resistência das plântulas de trigo à salinidade e melhora o crescimento das plantas sob estresse salino.

Os jasmonato são um grupo de reguladores de crescimento encontrado naturalmente nas plantas superiores e que desencadeia uma série de respostas no desenvolvimento e fisiologia das plantas. Entre essas respostas, estão as envolvidas com o mecanismo de defesa da planta a condições de estresses ambientais, como a salinidade (Qiu et al., 2014; Farhangi-Abriz & Ghassemi-Golezan, 2018).

A aplicação foliar de reguladores de crescimento em plantas como o ácido jasmônico e o salicílico é uma tática prática e útil para aliviar os efeitos nocivos da toxicidade do sal nas plantas (Farhangi-Abriz & Ghassemi-Golezan, 2018). Objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas da alface sob estresse salino com aplicação foliar de AS e AJ.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre os meses de março e maio de 2018, em casa de vegetação, no Instituto de Fisiologia Vegetal (INFIVE), Facultad de Ciencias agrarias e Forestales (FCAYF), Universidad Nacional de La Plata, em La Plata (34° 55' S, 57° 57' O).

O ambiente protegido era uma estufa tipo capela com teto de policarbonato, com ventilação de ar forçada e temperatura constante entre 20 e 25 °C. Os tratamentos foram distribuídos seguindo-se um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, com seis repetições. Os fatores foram compostos por três níveis de salinidade da solução nutritiva (1,65; 3,65 e 7,65 dS m<sup>-1</sup>), com presença e ausência de ácido salicílico (0 e 500µM) e ácido jasmônico (0 e 100 µM).

As aplicações do ácido salicílico e do jasmônico foram feitas via foliar, com auxílio de um pulverizador manual, até molhar toda a área foliar da planta. As aplicações nas plantas dos tratamentos onde recebia apenas um hormônio foram realizadas sempre no mesmo dia, porém, nas plantas que recebiam aplicação dos dois hormônios, o salicílico foi aplicado em um dia e o jasmônico no dia seguinte. As aplicações foram realizadas semanalmente, sendo quatro aplicações no total.

As plântulas de alface roxa, cultivar 'Gracinda' foram produzidas em bandejas de polietileno de 288 células, com substrato sendo uma mistura de trufa, perlita e vermiculita. Aos 30 dias após a sementeira, as plântulas foram colocadas em bandejas de 6 L com solução nutritiva de Furlani (1998) a 50% da força iônica. Após 16 dias foi trocado a solução nutritiva

Hozano de Souza Lemos Neto et al.

para 100% da concentração e iniciou-se a aplicação dos níveis de estresse salino com NaCl e também a aplicação dos fitohormônios.

Utilizou-se o sistema *Deep film technique* (DFT), conhecido como *floating*, o qual foi montado em uma bancada de madeira. Para aeração da solução nutritiva, foram usados compressores de ar. A reposição da água evapotranspirada foi feita diariamente até 6,0 L, bem como o ajuste de pH da solução nutritiva entre 5,5 a 6,5.

Aos 36 dias após o transplântio, foram feitas as avaliações de trocas gasosas, na segunda folha totalmente expandida a partir do ápice, utilizando um IRGA (modelo CIRAS 2-PP Systems). Foram determinados os parâmetros de concentração de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática (C<sub>i</sub> - μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>), condutância estomática (g<sub>s</sub> - mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), fotossíntese líquida (A - μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) e transpiração (E - mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Essas avaliações foram realizadas, entre 09:00 e 13:00 h, em ambiente protegido, com radiação fotossinteticamente ativa (PAR) constante (1.000 μmol fótons m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>). A clorofila foi determinada de acordo com Welburn (1994).

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste LSD (*least significant difference*) com  $p \leq 0.05$ , utilizando o *software* InfoStat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinidade teve efeito significativo sobre as trocas gasosas e clorofila total. No maior nível de estresse, houve redução na condutância estomática (g<sub>s</sub>), transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>). A clorofila total aumentou no maior nível de salinidade (Tabela 1). Para os ácidos, não houve efeito, talvez por conta das doses aplicadas terem sido baixas e não surtir efeito na fisiologia da planta.

**Tabela 1.** Fotossíntese líquida (A - μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), condutância estomática (g<sub>s</sub> - mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (E - mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática (C<sub>i</sub> - μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>) e clorofila total (Clf - μg ml<sup>-1</sup>) de alface em diferentes níveis de salinidade com aplicação foliar de ácido salicílico (0 e 500 μM) e jasmônico (0 e 100 μM).

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	A	g <sub>s</sub>	E	C <sub>i</sub>	Clf
0	8,23 ± 0,65 a	220,25 ± 23,02 b	3,25 ± 0,22 b	263,63 ± 8,45 b	7,79 ± 0,62 a
3,65	8,21 ± 0,65 a	175,88 ± 23,02 ab	2,85 ± 0,22 ab	254,50 ± 8,45 ab	7,88 ± 0,66 a
7,65	8,95 ± 0,65 a	147,25 ± 5,95 a	2,49 ± 0,22 a	231,75 ± 8,45 a	9,46 ± 0,66 b
C.V.	21,66	35,95	21,45	9,56	20,0

C.V = coeficiente de variação; os dados representam a média de seis repetições ± erro padrão. As letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferenças significativas pelo teste LSD ( $p \leq 0.05$ ).

Neste estudo, podemos observar que a fotossíntese líquida não foi alterada com a salinidade e a clorofila total aumentou. Esse maior teor de clorofila com no maior nível de estresse salino pode ser atribuído a uma redução na área foliar da planta (dados não apresentado), o que acaba por concentrar mais clorofila por unidade de área. Contudo, podemos ver que as demais variáveis tiveram uma redução com o estresse salino. A salinidade afeta a fotossíntese e suas variáveis fisiológicas (Parida & Das, 2005; Chaves et al. 2009), causando redução nos pigmentos fotossintéticos e na condutância estomática diretamente e/ou afetando indiretamente a fotossíntese (Flexas et al., 2007; Nazar et al., 2011). Isso está de acordo com os achados no presente estudo, exceto para A e Clf.

## CONCLUSÕES

O estresse salino alterou as respostas fisiológicas da alface, causando redução no nível máximo, enquanto que a aplicação de AS e JA não surtiu efeito.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa ao primeiro e ao sexto autor e também ao pessoal do Laboratório de Fisiologia Vegetal (INFIVE/CONICET-UNLP) pelo apoio na realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, R. M.; SILVA, E. N.; VIEIRA, C. F.; SILVEIRA, J. A. G. High supply of  $\text{NO}_3^-$  mitigates salinity effects through an enhancement in the efficiency of photosystem II and  $\text{CO}_2$  assimilation in *Jatropha curcas* plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 34, n. 6, p. 2135-2143, 2012.

ASHRAF, M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances*, v. 27, n. 1, p. 84-93, 2009.

FARHANGI-ABRIZ, S.; GHASSEMI-GOLEZAN, K.; How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.147, n. 1, p. 1010-1016, 2018.

Hozano de Souza Lemos Neto et al.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental Experimental Botany*, v. 68, n. 1, p.14–25, 2010.

KAFI, M.; RAHIMI, Z. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Soil Science Plant and Nutrition*, v. 57, n. 2, p. 341-347, 2011.

KHAN, M. I. R.; ASGHER, M.; KHAN, N. A. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Plant Physiology Biochemistry*, v. 80, n. 1, p. 67–74, 2014.

MAAS, E. V.; POSS, J. A.; HOFFMAN, G. J. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, v. 1, [s. n.], p. 12-26, 1986.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, v. 59, n. 1, p. 651-81, 2008.

QIU, Z.; GUO, J.; ZHU, A.; ZHANG, L.; ZHANG, M. Exogenous jasmonic acid can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 104, n. 1, p. 202-208, 2014.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SHAKIROVA, F. M.; SAKHABUTDINOVA, A. R.; BEZRUKOVA, M. V.; FATKHUTDINOVA, R. A.; FATKHUTDINOVA, D. R. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, v. 164, n. 3, p. 317-322, 2003.

YAN, K.; CHEN, P.; SHAO, H.; ZHAO, S.; ZHANG, L.; ZHANG, L.; XU, G.; SUN, J. Responses of photosynthesis and photosystem II to higher temperature and salt stress in sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 198, n. 3, p. 218-225, 2012.